

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi di bidang kedokteran gigi membawa banyak dampak bagi kehidupan dan meningkatkan kualitas hidup pasien yang memiliki permasalahan pada gigi dan mulutnya. Kerusakan pada struktur gigi yang terkalsifikasi dan jaringan pendukung oleh stimuli yang berbahaya dapat menyebabkan perubahan pada jaringan pulpa dan jaringan periradikuler. Rangsangan berbahaya dapat berupa rangsangan fisik, kimia, atau bakteri yang dapat menghasilkan perubahan yang *reversible* atau *irreversible*, tergantung durasi, intensitas dan patogenesis dari stimulus dan kemampuan *host* untuk menahan stimulus dan untuk memperbaiki kerusakan jaringan.¹

Karies merupakan penyakit infeksi mikrobiologi pada gigi yang menyebabkan perubahan secara lokal dan kerusakan jaringan keras gigi. Untuk mengembalikan struktur gigi yang hilang dapat dilakukan prosedur restorasi. Bahan yang paling sering digunakan untuk merestorasi karies gigi dapat terbuat dari bahan logam, keramik, polimer dan komposit. Penggunaan logam untuk merestorasi karies sudah ditinggalkan, karena dinilai tidak estetik serta terdapat isu biokompatibilitas karena penggunaan logam sebagai bahan restorasi oleh karena itu banyak yang mulai beralih untuk menggunakan bahan restorasi komposit. Jenis komposit yang banyak dikembangkan untuk bahan restorasi saat ini adalah nanokomposit.^{1,2}

Komposit merupakan pencampuran fisik antara logam, keramik dan atau polimer dengan tujuan untuk mendapatkan sifat-sifat mekanis yang diinginkan dari tiap-tiap bahan yang dicampurkan. Campuran yang biasa terdapat pada komposit kedokteran gigi merupakan campuran antara keramik dan matriks polimer. Polimer yang biasa digunakan sebagai bahan campuran komposit saat ini adalah PMMA (*polymethylmethacrylate*) dan Bis-GMA (*bisphenol A-glycidyl methacrylate*). Pencampuran bahan-bahan tersebut dimaksudkan untuk mendapatkan sifat-sifat yang ada dari tiap bahan untuk mendapatkan sifat mekanis yang diinginkan.^{1,3}

Namun saat ini kegunaan komposit terbatas untuk merestorasi kavitas kelas III, IV, V, dan untuk kelas I (jika estetik diperlukan). Karena kurangnya kekuatan komposit untuk menahan fraktur di bawah area bertekanan tinggi seperti preparasi yang luas meliputi *cusp* atau bagian mesial-distal gigi posterior yang akhirnya membuat komposit cukup sulit bertahan lama pada restorasi kavitas kelas II.³

Bahan Restorasi harus memiliki kekerasan dan *flexural strength* yang baik seperti enamel serta idealnya memiliki sifat antibakteri yang baik untuk mencegah terjadinya karies sekunder.⁴

Flexural Strength merupakan sifat mekanis yang penting untuk dimiliki suatu material yang bersifat *brittle* meskipun tidak terlalu diperhitungkan secara klinis jika tanpa memperhatikan aspek lainnya yakni ketahanan struktural dari suatu material. *Flexural strength* suatu material kedokteran gigi dapat diketahui dengan menggunakan uji *in vitro three point-bending* yang telah direkomendasikan sesuai

standar Internasional yaitu ISO 4049/2000 spesifikasi untuk menguji material yang berbasis polimer.⁵

Kekerasan merupakan suatu sifat mekanis yang harus selalu ada di dalam material restoratif terlebih saat material tersebut ditempatkan pada area mastikasi yang luas. Kekerasan material restoratif harus selalu dievaluasi terutama jika digunakan untuk merestorasi permukaan dengan tekanan tinggi yang juga diperburuk dengan adanya kerusakan yang terjadi pada material tersebut hingga mengakibatkan resistensi terhadap fraktur yang inadkuat terhadap material restoratif tersebut. Pengukuran kekerasan dental material dapat dilakukan dengan menggunakan uji kekerasan *Vickers* agar dapat mengetahui dan membandingkan kekerasan suatu material restoratif, dan dapat menggambarkan ketahanan suatu material terhadap penetrasi indenter.⁶

Material komposit yang berkembang saat ini sering dimanfaatkan sebagai restorasi pada gigi anterior dan posterior karena sifat mekanisnya, namun tidak cukup baik bagi pasien dengan kebiasaan parafungsional seperti *bruxism* karena kurangnya kekuatan untuk menahan fraktur di bawah area bertekanan tinggi seperti pada kasus preparasi yang luas meliputi *cusp*, sehingga secara umum komposit kurang baik jika digunakan sebagai restorasi inlay dan onlay. Resistensi terhadap fraktur dan elastisitas yang dimiliki bahan komposit didapatkan karena adanya *flexural strength*. Karena itu, sifat *flexural strength* yang baik harus dimiliki komposit agar dapat bertahan pada restorasi kavitas di bawah tekanan yang tinggi.⁷

Selain *flexural strength*, karakterisasi fisik dari material komposit yang sangat penting adalah kekerasan yang juga berhubungan dengan resistensi terhadap *wear*. Kekerasan permukaan yang rendah menyebabkan resistensi terhadap *wear* menjadi tidak adekuat dan cenderung terjadi *scratch* pada permukaan yang dapat menyebabkan kegagalan restorasi. Kekerasan pada komposit dapat berkurang karena adanya konsumsi berbagai jenis makanan, terlebih makanan yang bersifat asam, dan juga dapat terjadi jika menggunakan obat kumur secara terus-menerus.⁸

Bahan baku pembuatan *filler* komposit umumnya diimpor dari negara lain padahal sumber daya alam yang melimpah di Indonesia menjadikan ketersediaan bahan baku pembuatan material kedokteran gigi cukup banyak dan berkualitas baik. Salah satu bahan *filler* yang biasa digunakan adalah *zirconia* karena sifatnya yang stabil secara kimiawi, memiliki sifat mekanik, dan sifat fisik yang baik (stabilitas dimensional yang baik), dan memiliki modulus elastisitas serta *flexural strength* serupa baja, dan memiliki biokompatibilitas yang baik. Selain itu juga salah satu alasan utama *zirconia* seringkali digunakan sebagai bahan baku material kedokteran gigi terutama bahan restorasi yakni karena memiliki warna serupa gigi sehingga dapat meningkatkan nilai estetikanya. Selain *zirconia*, *alumina* juga sering digunakan sebagai *filler* komposit karena memiliki resistensi terhadap *wear* yang baik, kekerasan yang optimal, konduktivitas *thermal* yang baik, serta kekakuan yang cukup.^{8,9}

Saat ini juga sedang dikembangkan sebuah material baru untuk bahan baku material restorasi di kedokteran gigi, seperti nanoselulosa. Nanoselulosa merupakan material yang alami dan memiliki karakteristik unik dan disintesis dari

selulosa (yang didapat dari tumbuhan, hewan dan bakteri). Bahan ini mendapat banyak perhatian terhadap kegunaannya sebagai material biomedik karena sifat mekanis, sifat kimiawi serta sifat biologisnya (biokompatibilitas, biodegradabilitas, dan toksisitas yang rendah, bahkan nyaris tidak toksik). Nanoselulosa dapat dikembangkan menjadi bahan baku material biomedik, terlebih untuk dijadikan *filler* komposit karena sifat-sifat yang dimilikinya. Nanoselulosa yang dipakai untuk penelitian ini adalah nanoselulosa kristalin yang diekstrak dari *palm kernel cake* (PKC), dengan cara mengkonversi unit yang besar (cm) ke unit yang kecil (nm) dengan menggunakan bantuan bahan kimia seperti hidrolisis asam, yang biasa digunakan untuk mengekstraksi nanoselulosa kristalin dari selulosa murni dengan menghilangkan bagian amorf dan menyisakan struktur kristalin yang tinggi.¹⁰

Untuk itu pada penelitian ini dilakukan pengembangan material komposit (nanokomposit) sebagai bahan restorasi gigi berbahan dasar PMMA (*polymethylmethacrylate*) yang digunakan sebagai matriks dengan *filler* ZrO₂-Al₂O₃ dan nanoselulosa kristalin yang diharapkan nantinya akan memiliki kekerasan dan, *flexural strength* menyerupai enamel.

1.2 Perumusan Masalah

Berikut adalah perumusan masalah yang didapatkan berdasarkan penjelasan pada latar belakang:

1. Apakah sintesis nanoselulosa dengan teknik hidrolisis asam dapat menghasilkan nanoselulosa kristalin dari prekursor *Palm Kernel Cake* (PKC) berdasarkan hasil *Transmission Electron Microscope* (TEM)?
2. Apakah sintesis *filler* $\text{ZrO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$ menggunakan teknik *sol-gel* dapat menghasilkan ZrO_2 dengan struktur kristal tetragonal dan juga $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ berdasarkan hasil *X-Ray Diffraction* (XRD)?
3. Apakah penambahan *filler* $\text{ZrO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$ dan nanoselulosa kristalin berpengaruh terhadap kekerasan nanokomposit dengan matriks PMMA?
4. Apakah penambahan *filler* $\text{ZrO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$ dan nanoselulosa kristalin berpengaruh *flexural strength* nanokomposit dengan matriks PMMA?

1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian

Penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui ada atau tidaknya pengaruh penambahan *filler* $\text{ZrO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$ dan nanoselulosa kristalin terhadap kekerasan dan *flexural strength* nanokomposit dengan matriks PMMA.

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mensintesis nanoselulosa kristalin dengan prekursor *Palm Kernel Cake* (PKC) dengan teknik hidrolisis asam sebagai *filler* nanokomposit dengan matriks PMMA
2. Mensintesa ZrO_2 dengan prekursor ZrCl_4 dan Al_2O_3 dengan prekursor $\text{Al}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ menggunakan teknik *sol-gel* sebagai *filler* nanokomposit dengan matriks PMMA

3. Menguji ada atau tidaknya pengaruh *filler* $\text{ZrO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$ dan nanoselulosa kristalin terhadap *flexural strength* nanokomposit dengan matriks PMMA
4. Menguji ada atau tidaknya pengaruh *filler* $\text{ZrO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$ dan nanoselulosa kristalin terhadap kekerasan nanokomposit dengan matriks PMMA

1.4 Manfaat Penelitian

Terdapat manfaat ilmiah dan manfaat praktis dalam penelitian ini yang akan dijelaskan sebagai berikut:

a. Manfaat Ilmiah

Sebagai ilmu pengetahuan baru bagi institusi dan masyarakat mengenai adanya pengaruh penambahan *filler* $\text{ZrO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$, dan nanoselulosa kristalin pada nanokomposit dengan matriks PMMA (*polymethylmethacrylate*) terhadap kekerasan dan *flexural strength*-nya. Selain itu juga dapat menjadi landasan ilmiah untuk melakukan penelitian lebih lanjut.

b. Manfaat Praktis

Penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan nanokomposit dengan *filler* $\text{ZrO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$, dan nanoselulosa kristalin, dan PMMA (*polymethylmethacrylate*) sebagai matriks yang memenuhi persyaratan untuk dijadikan bahan restorasi gigi yang ideal serta sebagai inisiator bagi produksi *dental material* yang menggunakan nanoselulosa kristalin sebagai bahan dasar pembuatannya.

c. Manfaat Akademis

Penelitian ini diharapkan menjadi pengembangan ilmu pengetahuan akademik yang bermanfaat bagi mahasiswa perguruan tinggi program studi kedokteran gigi

pada bidang ilmu teknik material kedokteran gigi khususnya mengenai ilmu konservasi gigi.

1.5 Kerangka Pemikiran dan Hipotesis

Komposit merupakan material kedokteran gigi yang digunakan untuk memodifikasi kontur dan warna gigi agar dapat meningkatkan nilai estetikanya. Saat ini, komposit berjenis nano (nanokomposit) sedang dikembangkan karena partikel nano yang dimilikinya dapat meningkatkan estetik dan sifat mekanis yang lebih baik agar dapat ditempatkan pada daerah bertekanan tinggi.¹¹

Komposit juga perlu memiliki kekerasan dan *flexural strength* yang menyerupai enamel karena struktur enamel yang lebih keras daripada dentin dan tidak dapat menyembuhkan dirinya sendiri seperti dentin yang membentuk dentin *reparative* saat terjadi jejas sehingga diperlukan komposit yang memiliki kekerasan dan *flexural strength* seperti enamel sehingga dapat dapat mengkompensasi kekuatan enamel.⁸

Nanokomposit kedokteran gigi yang ideal didapatkan dengan menambahkan *filler* pada matriks. *Filler* yang sering digunakan adalah *zirconia* dan alumina. *Zirconia* dijadikan *filler* di kedokteran gigi karena memiliki kekuatan mekanis yang baik, modulus *Young's* yang setara dengan *stainless steel alloy*, ketahanan terhadap fraktur yang baik dan memiliki warna serupa gigi sehingga menambah nilai estetikanya. Alumina sering dijadikan *filler* karena memiliki kekerasan yang

baik, resistensi terhadap *wear*, konduktivitas termal yang baik, kekakuan yang cukup, dan penyusutan yang minimal saat *setting* atau *curing*.^{9,10}

Nanoselulosa kristalin merupakan bahan alami yang sedang dikembangkan untuk pembuatan material biomedik. Karena ketersediaannya yang melimpah di alam dan sifat mekanisnya yang baik, biokompatibel dan tidak toksik, nanoselulosa kristalin dapat dimanfaatkan sebagai *filler* komposit kedokteran gigi. Nanoselulosa kristalin didapatkan dengan mensintesis menggunakan teknik hidrolisis asam seringkali digunakan untuk mendapatkan nanoselulosa kristalin dengan struktur kristalin yang tinggi dari selulosa murni, terlebih jika untuk mensintesa nanoselulosa kristalin dari prekursor berbasis tumbuh-tumbuhan. Asam yang digunakan untuk hidrolisis asam adalah asam sulfat (H_2SO_4), asam klorida (HCL) dan asam hirobromik (HBr) namun yang umumnya digunakan untuk mengekstraksi nanoselulosa kristalin adalah asam sulfat.^{11,13,14}

Matriks resin yang paling umum digunakan adalah Bis-GMA (*Bisphenol A-Glycidyl Methacrylate*) dan PMMA (*polymethylmethacrylate*). PMMA umumnya digunakan untuk pembuatan *denture base* karena resin ini tidak berbau dan tidak memiliki rasa apapun ketika diaplikasikan di mulut. PMMA dapat digunakan sebagai matriks pembentuk komposit kedokteran gigi namun umumnya PMMA digunakan untuk bahan baku pembuatan prosthesis *maxillofacial* karena mudah dimanipulasi, dan higienis. PMMA berwarna transparan sehingga meningkatkan nilai estetikanya, dan dapat dipigmentasi (diwarnai) dan kompatibel dengan *filler* apapun. PMMA memiliki kekurangan yaitu kekuatannya rendah dan mudah terkena *scratch* dan abrasi, tapi kekurangan tersebut dapat di atasi dengan

menambahkan *filler*. Penambahan *filler* ini bertujuan untuk meningkatkan kekuatan, modulus elastisitas, kekerasan permukaan, *flexural strength*, dan sifat-sifat lainnya tergantung dari *filler* yang ditambahkan. Untuk itu, *filler* $\text{ZrO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$ dan nanoselulosa kristalin ditambahkan pada matriks PMMA agar dapat meningkatkan sifat mekanisnya.¹⁵

Penelitian Rafika (2010), dilakukan pengujian 2 kelompok spesimen dengan penambahan *filler* ZrO_2 yang distabilisasi oleh Al_2O_3 ke dalam matriks resin. Pada penelitian ini, didapatkan hasil bahwa kelompok spesimen kedua setelah dilakukan uji kekerasan *microvickers* dengan perbandingan *filler* 70% dan matriks 30% menghasilkan nilai rata-rata kekerasan 24,34 VHN yang mendekati nilai rata-rata kekerasan komposit konvensional yang ada di pasaran, 27,48 VHN.¹⁶

Penelitian Ruth (2013), dilakukan pengujian pada 3 kelompok untuk mengevaluasi kekerasan *microvickers* pada spesimen dengan penambahan *filler* nanoselulosa kristalin dan nanosilika pada resin PMMA *heatcured* dan didapatkan hasil bahwa penambahan *filler* nanoselulosa kristalin dan nanosilika dapat meningkatkan kekerasan resin PPMA *heatcured* sebesar 21,6% (kelompok II) dengan perbandingan PMMA : *filler* nanoselulosa kristalin : nanosilika sebesar 50% : 1% : 49%.¹⁷

Penelitian Ayu (2010), dilakukan pengujian pada 4 kelompok untuk mengevaluasi kekerasan *microvickers* pada spesimen dengan penambahan *filler* $\text{ZrO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2\text{-Hap}$ ke dalam matriks resin dan didapatkan hasil bahwa spesimen dengan *filler* $\text{ZrO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2\text{-Hap}$ yang ditambahkan

trimethoxypropylsilane dan *chitosan* sebagai *coupling agent* memiliki nilai kekerasan yang paling tinggi diantara sampel yang lain sebesar 52 VHN yang masuk dalam *range* standar kekerasan restorasi gigi (50-60 VHN).¹⁸

Penelitian Talari, dkk, dilakukan pengujian pada 4 kelompok spesimen untuk mengevaluasi efek nanoselulosa kristalin ke dalam resin PMMA (*polymethylmethacrylate*) terhadap *flexural strength* dan kekerasan permukaan. Pada penelitian ini, tidak terdapat peningkatan kekerasan permukaan yang signifikan pada seluruh kelompok uji namun terdapat peningkatan *flexural strength* yang signifikan dari kelompok uji dengan penambahan nanoselulosa kristalin sebanyak 2,5%.¹⁹

Berdasarkan kerangka pemikiran di atas didapatkan hipotesis bahwa, penambahan nanoselulosa kristalin, *zirconia* dengan fasa tetragonal dan $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ sebagai *filler* dapat berpengaruh terhadap kekerasan dan *flexural strength* nanokomposit dengan matriks PMMA.

1.6 Metodologi Penelitian

Penelitian yang akan dilakukan adalah penelitian eksperimental laboratorium dengan menggunakan analisis statistik ANOVA *one way* dilanjutkan dengan menggunakan program komputer SPSS dan *Post Hoc Tuckey*.

1.7 Lokasi dan Waktu Penelitian

Pra penelitian dilakukan pada bulan Februari 2017 hingga September 2017, dan penelitian dilakukan pada bulan Oktober 2017 hingga Maret 2018 yang berlokasi di *Advanced Material Processing Laboratorium*, Institut Teknologi Bandung untuk sintesis *filler* $\text{ZrO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$ dan nanoselulosa kristalin, dan pembuatan spesimen, Pusat penelitian Nanosains dan Nanoteknologi, Institut Teknologi Bandung untuk karakterisasi *Transmission Electron Microscope* (TEM), Laboratorium Metalurgi Fisika dan Keramik, Fakultas Teknik Pertambangan dan Perminyakan, Institut Teknologi Bandung untuk uji kekerasan *Micro Vickers*, Pusat Penelitian Fakultas Kedokteran Gigi, Universitas Kristen Maranatha untuk uji *Three Point Bending*, Pusat Penelitian Nanosains dan Nanoteknologi, Institut Teknologi Bandung untuk karakterisasi *X-Ray Diffraction* (XRD).